

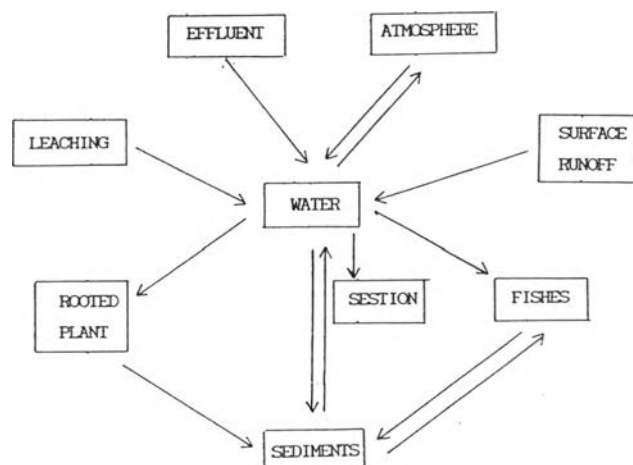
## บทที่ 2

ทฤษฎีเกี่ยวกับการปนเปื้อนสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงในพื้นที่ลุ่ม : แหล่งน้ำ

### การปนเปื้อนสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงในพื้นที่ลุ่ม

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน สารเคมีป้องกันและกำจัดแมลงได้กลายเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมากสำหรับมนุษย์เพื่อใช้ประโยชน์ในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรและด้านสาธารณสุข ซึ่งสามารถกำจัดแมลงได้อย่างกว้างขวางและมีประสิทธิภาพสูง สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่นำมาใช้อาจตกค้างและสะสมอยู่ในสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ ทั้งในอากาศ ดิน น้ำ และดินตะกอนทำให้เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ที่ไม่ได้เป็นเป้าหมาย (non-target) ทั้งทางตรงทางอ้อม

Reese (1972) ได้กล่าวถึงกระบวนการแปรเปลี่ยนของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงในสิ่งแวดล้อมว่า เมื่อทำการฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดแมลงในอากาศ ละอองของสารจะฟุ้งกระจายไปตามลม ส่วนหนึ่งจะตกลงสู่พืช ดิน หรือน้ำโดยตรง ในที่สุดก็จะตกลงสู่แหล่งน้ำ จากการชะล้างของฝนทั้งในบรรยากาศและพื้นดิน และยังมีบางส่วนที่ฟุ้งกระจายไปได้ไกล ๆ ทำให้มีการปนเปื้อนของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงทั่วไปในสิ่งแวดล้อม (รูปที่ 2.1)



รูปที่ 2.1 การเคลื่อนย้ายของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงในสิ่งแวดล้อม

Edwards (1973) ได้กล่าวว่าการเกิดกระแสน้ำของดิน(erosion)และการไหลบ่าของน้ำ (surface runoff) จากบริเวณพื้นที่เกษตรกรรม ทำให้เกิดการพัดพาสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงไปได้มาก นอกจากนี้ ชวัญชัย สมบัติศิริ (2525) ได้รายงานว่า ฝนสามารถชะล้างสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงในบรรยากาศ ตามใบ ลำต้นพืชและในดิน ใต้ตกลงสู่แหล่งน้ำแล้วสะสมในดินตะกอน การไหลบ่าหน้าดินของน้ำฝนในบริเวณที่มีการเกษตรกรรม หรือบริเวณที่มีการใช้สารดังกล่าว ทำให้เกิดการพัดพาในรูปอนุภาคแขวนลอย (suspended particles) ในที่สุดจะรวมกับตะกอนและดินเหนียวตกลงสู่ก้นลำธารหรือแม่น้ำ และนอกจากแหล่งเกษตรกรรมที่ปล่อยสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงสู่สิ่งแวดล้อมแล้ว ยังมีแหล่งปล่อยที่สำคัญคือ น้ำทิ้งแหล่งชุมชนและน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม (Hodson, 1971 ; Edwards, 1973)

#### การปนเปื้อนและเปลี่ยนแปลงของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงในดิน

Mcewen and Stephenson (1979) ได้กล่าวไว้ว่า เมื่อสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงถูกนำมาใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืช สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงส่วนใหญ่จะตกลงสู่ดิน และเกิดการเปลี่ยนแปลงในลักษณะต่าง ๆ ดังนี้ คือ

1. การดูดซับสารเคมีโดยอนุภาคดิน โดยเฉพาะอนุภาคดินเหนียว และอินทรีย์สาร
2. ถูกชะล้างลงสู่ชั้นล่างของดิน
3. ระเหยไปสู่บรรยากาศ
4. เข้าไปสะสมในสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในดินและพืช
5. ถูกเคลื่อนย้ายพัดพาไปกับน้ำที่ไหลบ่าหรือดินที่ถูกพัดพา
6. ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในดิน
7. เกิดการย่อยสลายตัวโดยปฏิกิริยาทางเคมี และแสง เป็นต้น

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องด้วย เช่น ภูมิอากาศ ฤดูกาล ความเข้มข้นของสารที่ใช้ ปริมาณสารอินทรีย์ โครงสร้างทางเคมีของสารป้องกันกำจัดแมลงชนิดของดิน จุลินทรีย์ สภาพไร่อากาศของดิน (Edwards, 1966)

Roberts (1963) ได้กล่าวถึงปัจจัยด้านดินว่า ขนาดอนุภาคของดินและโครงสร้างของดินจะมีผลต่อปริมาณการดูดซับสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงมาก กล่าวคือ อนุภาคของดินที่เล็กมาก เช่น อนุภาคของดินเหนียว (clay) มีผิวสัมผัสมาก ประมาณ 500-800 ตารางเมตร/กรัม (Haque, 1975) ทำให้สามารถดูดซับสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงได้สูง รวมทั้งปริมาณอินทรีย์สาร (organic matter) ในดิน โดยสารอินทรีย์ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของกรดฮิวมิก ก็เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากเช่นกัน

Haque (1975) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่สำคัญ 3 ประการที่ควบคุมพฤติกรรมของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงในดิน คือ

1. กระบวนการดูดซับและกระบวนการปลดปล่อย
2. กระบวนการชะล้าง (leaching) และการแพร่

3. กระบวนการย่อยสลาย (degradation) โดยพบว่าส่วนประกอบของดิน ได้แก่ อนุภาคดินเหนียว อินทรีย์สาร ออกไซด์และไฮดรอกไซด์ของอลูมิเนียมและซิลิกอน เป็นตัวการสำคัญในการดูดซับ โดยที่ดินเหนียวประกอบด้วยซิลิกาและอลูมินา ซึ่งโลหะทั้งสองสามารถถูกแทนที่ด้วย เหล็ก มังกานีสและแมกนีเซียม องค์ประกอบเหล่านี้ทำให้มีผลต่อการเกิดประจุที่ผิวหน้าของอนุภาคดินเหนียว ซึ่งสามารถแลกเปลี่ยนกับประจุบวกบริเวณผิวหน้าได้มาก โมเลกุลของน้ำที่อยู่บริเวณผิวหน้าของดินเหนียวจะถูกไฮออนไนซ์ได้มากกว่าในสารละลายนั้น ทำให้ความเป็นกรดที่บริเวณผิวหน้ามีมากกว่าในสารละลาย

Edwards (1975) ได้กล่าวว่า อินทรีย์สารในดินอยู่ในรูปของสารประกอบฮิวมิก สารละลายของสารประกอบฮิวมิกจะเป็นเบส โดยมี functional group ได้แก่ คาร์บอกซิล อะมิโน ฟีนอลส์ และไฮดรอกซิล ซึ่งมีตำแหน่งทำให้เกิดไฮโดรเจนบอนด์กับโมเลกุลของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงต่างๆ ถูกดูดซับทันทีเมื่อเข้าไปใกล้ ๆ หรือสัมผัสผิวหน้าดินเหนียว Harris and Mazurck (1966) พบว่าสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงจำนวนมากถูกดูดซับในดินที่แห้งมากกว่าดินที่เปียกชื้น ปริมาณการดูดซับจะลดลงในดินที่ชื้นแต่จะเกิดได้ยากในดินโคลน (muck) และตะกอน

นอกจากนี้ สภาพความเป็นกรด-เบสของดิน ยังมีผลต่อปริมาณสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงในดิน กล่าวคือในสภาพดินที่เป็นกรดจะดูดซับสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงได้สูง อนุภาคดินเหนียวและอินทรีย์สารปกติจะมีประจุลบเมื่อสารละลายมีสภาพเป็นกรด ทำให้โมเลกุลของสารมีประจุบวกสูงขึ้นทำให้เกิดการดูดซับได้ดีขึ้น แต่ถ้าสภาพดินเป็นกรดจัดอนุภาคดินเหนียวจะถูกแทนที่ด้วยไฮโดรเจนอออน ทำให้การดูดซับสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงลดลง และในสภาพที่เป็นเบสสูง

การดูดซับก็จะต่ำลงเช่นกัน เพราะประจุลบของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงจะไม่เข้าจับกับประจุลบในดิน (Mcwen and Stephenson, 1979) ในทางตรงกันข้าม Getzin(1968)ได้กล่าวว่า สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงจะถูกย่อยสลายได้เร็วในสภาพที่ดินเป็นกรด

Bailey and White (1964) รายงานว่า อุณหภูมิของดินมีผลต่อปริมาณสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง กล่าวคือ การดูดซับสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะไปลดการดูดซับที่เกิดขึ้น เป็นสาเหตุให้การดูดซับลดลง และในทางเดียวกันก็จะทำให้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงละลายในสารละลายดินได้ดีขึ้น

### การปนเปื้อนของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงในแหล่งน้ำ

#### 1. สาเหตุของการปนเปื้อนของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงในแหล่งน้ำ

สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงสามารถแพร่กระจายและปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมได้ โดยเฉพาะในน้ำและตะกอน หรือโคลนเลนท้องน้ำ ลำธาร ทะเลสาบ บ่อ หรือทะเล ซึ่งเป็นแหล่งรองรับของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงจากแหล่งต่างๆ ทั้งทางตรงและทางอ้อม ทั้งนี้เนื่องมาจากหลายสาเหตุด้วยกันคือ

1.1 การใช้กับแหล่งน้ำโดยตรงเพื่อกำจัดแมลงและสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่ไม่ต้องการคือไม่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ

1.2 น้ำไหลบ่าหน้าดินและการกัดเซาะของอนุภาคดินที่ดูดซับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชลงสู่แหล่งน้ำ Walker(1975)ได้รายงานไว้ว่า อัตราน้ำไหลบ่าหน้าดินนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณซึ่งจะมีอิทธิพลต่อการพัดพาสารเคมีปราบศัตรูพืชสู่แหล่งน้ำ นอกจากนี้องค์ประกอบของดินก็ยังเป็นส่วนสำคัญ เนื่องจากเมื่อสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกลงสู่พื้นดินและสะสมอยู่ตามผิวดิน ซึ่งถ้าดินมีอินทรีย์วัตถุมากก็จะดูดซับสารเคมีติดผิวดินไว้ได้ดี เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกับดิน ทำให้เกิดการพัดพาไปน้อยแต่ถ้าอยู่ในรูปของอนุภาคก็จะเคลื่อนย้ายไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดิน (Pionke และ Chesters, 1973 ; Bailey และคณะ, 1974) ซึ่งการไหลบ่าหน้าดินของน้ำเป็นกระบวนการสำคัญที่จะนำสารเคมีปราบศัตรูพืชลงสู่แหล่งน้ำ และ ตะกอน (Edwards, 1973 ; Duke 1977)และ Chesters (1973) กล่าวว่าปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในน้ำจะสูงมาก ในช่วงซึ่งเกิดฝนตกทันที หลังจากที่มีการฉีดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชนั้น ทั้งนี้เพราะน้ำจะชะเอาสารเคมีไปโดยตรงก่อนที่จะถูกดูดซับไว้ด้วย

อนุภาคดิน นอกจากนี้อัตราการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช รวมทั้งความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ ก็เป็นส่วนสำคัญที่มีผลต่อความเข้มข้นของสารในน้ำไหลบ่าหน้าดิน (Edward, 1977)

1.3 ในการแพร่กระจายในบรรยากาศ Bidleman (1981) ได้รายงานว่าการตรวจพบว่ามีสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนปะปนอยู่ในอากาศ เนื่องมาจากขณะที่มีการฉีดพ่นสารนั้น ฝุ่นละอองในอากาศจะดูดซับละอองของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชไว้ (Pionke และ Chesters, 1973) เมื่อฝนตกน้ำฝนจะชะเอาละอองเหล่านั้นลงสู่แหล่งน้ำได้ นอกจากนี้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในบรรยากาศยังสามารถแพร่กระจายไป โดยการพัดพาของลมและลงสู่แหล่งน้ำโดยฝน (Kilikidis และคณะ 1981)

1.4 การระบายน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน และโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการผลิตหรือการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในขบวนการผลิตลงสู่แหล่งน้ำ Jaless และ Vemuri(1980) ได้รายงานว่า ในประเทศอินเดียมีการผลิตสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชทางการเกษตร ปริมาณ 80,209 ตันต่อปี มีโรงงานผลิตรวม 39 โรงงาน ซึ่งมีการระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ ทาให้มีสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชปนเปื้อนในแหล่งน้ำ

1.5 การทิ้งเศษเหลือใช้ของวัตถุที่ใช้บรรจุสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชลงสู่แหล่งน้ำโดยตรงหรือลงสู่พื้นดินเมื่อฝนตกก็จะถูกน้ำไหลพัดลงสู่แหล่งน้ำได้ การทิ้งเศษเหลือ หรือวัสดุที่บรรจุสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชลงบนดินจะทำให้เกิดการชะล้างสู่พื้นดินได้ (Walker, 1973)

## 2. สารเคมีปราบศัตรูพืชในแหล่งน้ำ

สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ลงสู่แหล่งน้ำจะปนเปื้อนอยู่ในส่วนประกอบต่างๆของแหล่งน้ำ คือ

2.1 น้ำ บกติการปนเปื้อนของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในน้ำจะมีระดับความเข้มข้นต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชส่วนใหญ่จะไม่ละลายน้ำ และจะถูกดูดซับ (adsorb) ไว้ที่ผิวของอนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ และในที่สุดก็จะตกลงสู่ท้องน้ำ

2.2 โคลนเลนและตะกอน สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ปนเปื้อนในน้ำส่วนใหญ่ถูกดูดซับหรือเกาะจับกับอนุภาคของสารแขวนลอยในน้ำและจมลงสู่พื้นท้องน้ำ ดังนั้นสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำส่วนใหญ่จึงตกค้างอยู่ในตะกอนหรือโคลนเลนในแหล่งน้ำ และจะสลายตัว (degradation) โดยจุลชีพที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้นๆ กระบวนการสลายตัวส่วนใหญ่เกิดขึ้นภายใต้สภาวะไร้อากาศ (anaerobic condition)

2.3 พืชและสัตว์น้ำ สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำ ส่วนหนึ่งจะเข้าสู่ร่างกายของสิ่งมีชีวิตในน้ำและบางส่วนจะตกค้างและสะสมอยู่ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตเหล่านั้น

### 3. สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงในตะกอน

เกษม จันทรแก้ว และ นิพนธ์ ตั้งธรรม (2517) ได้แบ่งตะกอนออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ตะกอนลอย (suspended sediment) ซึ่งเป็นตะกอนขนาดเล็ก มีทั้งอนินทรีย์และอินทรีย์วัตถุ แขนงลอยปะปนกับน้ำ สามารถถูกพัดพาไปได้ไกล ๆ

2. ตะกอนก้นลำธาร (bed load sediment) เป็นตะกอนขนาดใหญ่หนักมาก ถูกพัดไปตามท้องน้ำ เช่น พวงกรวดทรายหรือซิลท์

องค์ประกอบของตะกอน จะประกอบด้วยอนุภาคของทราย(sand), ซิลท์ (Silt) และดินเหนียว(Clay)ในปริมาณที่แตกต่างกันออกไป นอกจากนี้ยังประกอบด้วย อนุภาคอินทรีย์สาร (organic matters) ตะกอนที่มีอนุภาคดินเหนียวและอินทรีย์สารในเปอร์เซ็นต์สูงจะมีการดูดซับสารอื่นได้ดี เพราะอนุภาคทั้งสองเล็กและละเอียด มีพื้นที่ผิวมาก และมีประจุไฟฟ้าซึ่งจะเป็นประจุลบมากกว่าประจุบวก แต่บางโอกาสก็แสดงประจุบวกมากกว่าประจุลบ ความที่มีประจุไฟฟ้านี้เองเป็นเหตุให้อนุภาคดินเหนียวและอินทรีย์สารสามารถดูดซับสารอื่น ๆ ได้ดี (สมเจนต์และคณะ, 2526) ซึ่ง Roberts (1963) ได้กล่าวถึงขนาดของอนุภาคและโครงสร้างของดินจะมีผลต่อการดูดซับสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง กล่าวคือพวกอนุภาคที่มีขนาดเล็กมาก เช่น อนุภาคดินเหนียวจะมีผิวสัมผัสมาก ประมาณ 500-800 ตารางเมตร/กรัม และจากการรายงานของ Bailey และ White (1964) พบว่า อนุภาคดินเหนียวและอินทรีย์สารที่มีอยู่ในดิน จะมีปริมาณที่แตกต่างกันออกไป กล่าวคือมีตั้งแต่ร้อยละ 1 เปอร์เซ็นต์ในทราย จนถึงมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ในดินเหนียว การดูดซับของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงเกิดขึ้นตรงบริเวณที่มีประจุลบบนอนุภาค ดังนั้นถ้าดินมีอนุภาคดินเหนียวและอินทรีย์สารมาก ปริมาณสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงถูกดูดซับได้มากขึ้น และจะอยู่ในรูปที่ไม่ค่อยทำปฏิกิริยาเคมี Edwards (1975) ได้กล่าวว่าอินทรีย์สารในดินอยู่ในรูปของสารประกอบฮิวมิกและสารละลายของสารประกอบฮิวมิก โดยมีกลุ่มคาร์บอกซิละมิโน ฟีนอลิก และไฮดรอกซิล ที่ทำให้เกิดไฮโดรเจนบอนด์กับโมเลกุลของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง เมื่อเข้ามาใกล้หรือมาสัมผัส ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Brace และคณะ(1973) พบว่าปริมาณสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงจะสะสมในปริมาณสูงในตะกอนที่มีอนุภาคดินเหนียวและอินทรีย์สาร เป็น

ส่วนประกอบอยู่ในปริมาณสูง จึงทำให้ปริมาณสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงวันในแหล่งน้ำนั้นลดลงเพราะ ไบโอะสมอยู่ในตะกอนมาก

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่มีอิทธิพลต่อการสะสมสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงวันในแหล่งน้ำ ได้แก่ ความลาดชันของพื้นที่ อัตราการไหลของน้ำไหลบ่าหน้าดิน (Edwards, 1973) ระยะห่างจากแหล่งที่มีการใช้ (Truhlar และ Reed, 1976) สภาพพืชพรรณที่ปกคลุมดิน (Brown และคณะ, 1975)

#### 4. ปัจจัยที่มีผลต่อการปนเปื้อนและตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงวันน้ำ และ ตะกอน

4.1 ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณแหล่งน้ำ ดังได้กล่าวมาแล้วว่าการไหลบ่าหน้าดินของน้ำเป็นปัจจัยสำคัญของการแพร่กระจายสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงวันน้ำ และ ตะกอน Edwards, (1977) ได้อธิบายไว้ว่าการไหลบ่าของน้ำผ่านบริเวณพื้นที่เกษตรกรรม โอกาสที่จะพัดพาเอาสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่สะสมตามผิวดินลงสู่แหล่งน้ำและตะกอนมากกว่า ผ่านบริเวณที่มีการผ่านบริเวณที่มีการใช้ที่ดินประเภทอื่นๆ ในทางองเดียวกันกับ Hodson (1971) ได้รายงานไว้ว่า สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงวันน้ำส่วนใหญ่จะถูกปล่อยมาจากแหล่งที่มีการทำเกษตร และ น้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน ดังนั้นการใช้ประโยชน์ของที่ดินในลักษณะที่แตกต่างกัน การปนเปื้อนของ สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชก็จะแตกต่างกันด้วย

#### 4.2 คุณสมบัติของสารป้องกันกำจัดแมลง

4.2.1 ความเสถียรและความคงสภาพอยู่ในแหล่งน้ำของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม จะแตกต่างกันไปตามโครงสร้างทางเคมีของสาร ซึ่งสารตัวใดที่มีความเสถียรสูงกว่าและมีความคงสภาพอยู่ในแหล่งน้ำได้นานกว่า จึงมีโอกาสที่จะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำได้มากกว่า สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มที่มีความเสถียรและคงสภาพอยู่ในแหล่งน้ำได้มากที่สุด คือ สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงวันกลุ่มออร์กาโนคลอรีน รองมาคือสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงวันกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและกลุ่มคาร์บาเมต ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความเสถียรน้อยที่สุด

4.2.2 ความสามารถในการละลายน้ำ ความสามารถละลายน้ำของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงวันแต่ละชนิดแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกัน โดยทั่วไปสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงวันที่ละลายน้ำได้ดีก็จะมีโอกาสปนเปื้อนในแหล่งน้ำได้ง่าย และสามารถแพร่กระจายในแหล่งน้ำได้เป็นบริเวณกว้างแต่มีการสะสมในแหล่งน้ำได้น้อยและคงสภาพอยู่ได้ไม่นานนัก (Edwards, 1973) นอก

จากนี้ยังมีปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถละลายน้ำได้ของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง คือปริมาณเกลือแร่และสารอินทรีย์ในน้ำ และคุณสมบัติของน้ำโดยเฉพาะความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิ

#### 4.3 คุณสมบัติของแหล่งน้ำ

4.3.1 ขนาดของแหล่งน้ำ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเจือจาง(dilution) ของสารเคมีปราบศัตรูพืชที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำ

4.3.2 ลักษณะของแหล่งน้ำ สารเคมีปราบศัตรูพืชที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำไหลจะแพร่กระจายและเจือจางได้ง่ายกว่าและเร็วกว่าแหล่งน้ำนิ่ง สำหรับแหล่งน้ำนิ่งที่มีการเคลื่อนไหวของน้ำน้อย สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชจะมีการแพร่กระจายเฉพาะแหล่ง และนอกจากนี้ยังรวมถึงคุณสมบัติของน้ำและปัจจัยในแหล่งน้ำ คุณสมบัติของน้ำที่มีอิทธิพลต่อการปนเปื้อนของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ จุลินทรีย์ในน้ำ สารอินทรีย์และอนินทรีย์ที่แขวนลอยในแหล่งน้ำนั้น ซึ่งจะมีผลทำให้การปนเปื้อนของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในแหล่งน้ำแต่ละแหล่งมีความแตกต่างกัน Walker (1975) กล่าวไว้เช่นกันว่า แสงแดด, อุณหภูมิ และจุลินทรีย์ในน้ำ มีความสำคัญในการย่อยสลายสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง

บริเวณที่กระแสน้ำไหล ความแรงจะทำให้ตะกอนเคลื่อนไหว ซึ่งแล้วแต่ความแรงของกระแสน้ำส่วนบนสุดจะเริ่มเคลื่อนที่ส่วนล่างจะเคลื่อนไหวตามด้วย ปริมาณที่มากขึ้นบางส่วนจะตกตะกอนสู่ท้องน้ำตามเดิม แต่บางส่วนของเบากว่าจะลอยไปตามกระแสน้ำกลายเป็นตะกอนแขวนลอย (ECALE, 1953) พวกทรายจะตกตะกอนก่อน ตามด้วยอนุภาคซิลท์ที่หยาบ ซิลท์ละเอียด ส่วนตะกอนของดินเหนียวจะตกทีหลัง ส่วนพวกตะกอนที่ละเอียดมากจะไม่ตกตะกอน

### 5. การสลายตัวของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงในแหล่งน้ำ

เนื่องจากน้ำเป็นตัวกลางที่เหมาะสมสำหรับการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี (Crosby, 1973) เมื่อสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่ปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงรูป ซึ่งแตกต่างไปจากสารเดิม (transformation) การเปลี่ยนแปลงรูปของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงเกิดจากการสลายตัว (degradation) หรือเกิดจากกระบวนการสันดาป (metabolism) ภายในร่างกายของสิ่งมีชีวิตที่ได้รับสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงเข้าไป

การเปลี่ยนแปลงรูปของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงนั้น แบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ

5.1 การเปลี่ยนรูปที่ไม่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิต(non-biological transformation) การเปลี่ยนแปลงรูปประเภทนี้ของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงในแหล่งน้ำเกิดขึ้นได้โดยมี



ปัจจัยที่สำคัญคือ แสงสว่าง ตัวรีดิคซ์ และ pH ของน้ำ Crosby,(1973) ได้กล่าวว่าสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงหลายชนิดจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส (hydrolysis) ได้ดีในแหล่งน้ำที่มีสภาพค่อนข้างเป็นด่าง

การเปลี่ยนแปลงรูปที่ไม่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตมีกระบวนการที่สำคัญคือ

ก. กระบวนการทางฟิสิกส์-เคมี กระบวนการที่สำคัญคือ การสลายตัวเนื่องจากแสง (photo-degradation) โดยมีแสงอุลตราไวโอเล็ตเป็นปัจจัยที่สำคัญ การสลายตัวจะเกิดขึ้นหลังจากมีการดูดกลืน (absorption)

ข. กระบวนการทางเคมี คือการเปลี่ยนแปลงรูปของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมี ปฏิกิริยาที่สำคัญคือ ออกซิเดชัน (oxidation), ไฮโดรลิซิส (hydrolysis) และ รีดักชัน (reduction)

## 5.2 การเปลี่ยนแปลงรูปที่เกิดจากสิ่งมีชีวิต(biological transformation)

เกิดจากกระบวนการสับคาบ(metabolism) ในร่างกายของสิ่งมีชีวิต กล่าวคือเมื่อสิ่งมีชีวิตได้รับสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงเข้าสู่ร่างกายๆ ของสิ่งมีชีวิตก็จะมีกระบวนการสับคาบเกิดขึ้นทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง กระบวนการดังกล่าวอาจทำให้ความเป็นพิษของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่ตกค้างในร่างกายลดลง หรืออาจขับถ่ายสารออกจากร่างกายได้ง่ายขึ้น แต่อย่างไรก็ตามสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงบางชนิด อาจจะเปลี่ยนแปลงรูปไปเป็นอนุพันธ์ที่มีความเป็นพิษเพิ่มขึ้นก็ได้ การสับคาบของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงสามารถเกิดขึ้นได้ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตในพืชและสัตว์ทั้งชั้นต่ำและชั้นสูง Johnson et al.(1971) ได้กล่าวว่าปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงรูปที่ก่อให้เกิดการทลายพิษ (detoxification) และการสลายตัวของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงนั้น อาจเกิดขึ้นได้ในพืชและสัตว์ชั้นสูง รวมทั้งสัตว์เลื้อยคลานและตัวอ่อนของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในแหล่งน้ำ อย่างไรก็ตามกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตพวกจุลินทรีย์ต่าง ๆ นั้นมีความสำคัญอย่างมากในกระบวนการเปลี่ยนแปลงรูปของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงในแหล่งน้ำ ถึงแม้ว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงอาจจะช้ากว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในดิน กระบวนการเปลี่ยนแปลงรูปของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง โดยสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำประกอบด้วยปฏิกิริยาที่สำคัญ ๆ คือ ปฏิกิริยารีดักชัน(reduction),ออกซิเดชัน(oxidation),ไฮโดรลิซิส (hydrolysis),elimination และ isomerization (Crosby, 1973)

## ผลกระทบของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงต่อสิ่งแวดล้อมแหล่งน้ำ

### 1. ผลกระทบด้านชีววิทยา

สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่ปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำ จะก่อให้เกิดผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้นๆ ระดับความรุนแรงของอันตรายขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิดและระดับความเข้มข้นของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง ความต้านทานของสิ่งมีชีวิตต่อสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง เป็นต้น

ลักษณะผลกระทบที่เป็นอันตรายของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงต่อสัตว์น้ำ แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1.1 ผลกระทบต่อชีวิตของสัตว์น้ำ (lethal effect) คือการที่สัตว์น้ำได้รับสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงจนถึงระดับที่ทำให้สัตว์น้ำตาย ปกติผลกระทบประเภทนี้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และในเวลารวดเร็ว ปัจจัยที่สำคัญที่สุดก็คือความเข้มข้นของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงในแหล่งน้ำ ความเข้มข้นของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงในน้ำที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อชีวิตของสัตว์น้ำ เรียกว่าความเข้มข้นที่ทำให้สัตว์น้ำตาย (lethal concentration)

1.2 ผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของสัตว์น้ำ (sublethal effect) คือการที่สัตว์น้ำได้รับสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงถึงระดับที่ไม่ทำให้สัตว์น้ำตาย แต่เป็นอันตรายต่ออวัยวะและระบบต่างๆ ของร่างกาย และต่อความเป็นอยู่ตลอดช่วงชีวิตของสัตว์น้ำ เช่นการอพยพย้ายถิ่น พฤติกรรม การพัฒนาการของร่างกาย การเจริญเติบโต ขบวนการทางสรีรวิทยา และพันธุกรรม เป็นต้น ผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของสัตว์น้ำจะมีลักษณะค่อยเป็นค่อยไป และจะใช้เวลานานพอสมควรจึงจะแสดงอาการ ความเข้มข้นของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงในน้ำที่ก่อให้เกิดผลกระทบประเภทนี้จะต่ำกว่า ความเข้มข้นที่ทำให้สัตว์น้ำตาย เรียกว่า ความเข้มข้นที่ต่ำกว่าความเข้มข้นที่ทำให้สัตว์น้ำตาย (sublethal concentration)

### 2. ผลกระทบด้านนิเวศวิทยา

การปนเปื้อนของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงในแหล่งน้ำมีผลกระทบที่เป็นอันตรายโดยตรงต่อกลุ่มสิ่งมีชีวิต (compartment) ทุกกลุ่มของส่วนประกอบที่มีชีวิต (biological component) ของระบบนิเวศแหล่งน้ำ นั่นคือ สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำมีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิด วันแต่จุลินทรีย์บางชนิดที่สามารถใช้ยาปราบศัตรูพืชเป็นแหล่งพลังงาน (energy source) ได้ อันตรายของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำดังกล่าว

ยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อเนื้อต่อส่วนประกอบพลังงาน (energy component) ของระบบนิเวศแหล่งน้ำด้วย นั่นคือ เกิดการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนย้ายของแร่ธาตุอาหารและพลังงาน (mineral and energy movement) ในแหล่งน้ำด้วย

### 3. ผลกระทบด้านการประมง

การปนเปื้อนของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงน้ำมีผลกระทบต่อ การประมง และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คือ

3.1 ผลกระทบต่อการประมง การปนเปื้อนของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงน้ำในแหล่งน้ำทำให้ขนาดของทรัพยากรประมงน้ำลดลง เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของทรัพยากรประมงและเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมต่าง ๆ ของสัตว์น้ำที่มีคุณค่าทางการประมง โดยเฉพาะผลกระทบต่อพฤติกรรมการผสมพันธุ์และการวางไข่ของสัตว์น้ำ และการอพยพย้ายถิ่นของสัตว์น้ำโดยเฉพาะพวกปลาสองน้ำ (dromous species)

3.2 ผลกระทบต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การปนเปื้อนของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงน้ำที่ใช้เพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอาจทำให้แหล่งน้ำนั้น ๆ ไม่เหมาะสมที่จะใช้เป็นแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต่อไป เนื่องจากมีการสะสมของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงในตะกอนสูง รวมทั้งมีการสะสมของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงปริมาณมากในเนื้อเยื่อของสัตว์น้ำเพาะเลี้ยงซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคสัตว์น้ำเหล่านั้นได้

Edwards (1977) เปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแหล่งน้ำของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงกลุ่มสำคัญ ๆ 3 กลุ่ม โดยพิจารณาเปรียบเทียบตามคุณสมบัติของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่เป็นสาเหตุของผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ และระบบนิเวศแหล่งน้ำซึ่งผลการเปรียบเทียบได้แสดงสรุปในตารางที่ 2.1



ตารางที่ 2.1 แสดงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแหล่งน้ำของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง  
(Adwards, 1977)

คุณสมบัติ สารเคมีป้องกันกำจัดแมลง	สารเคมีป้องกันกำจัดแมลง		
	Organochlorine	Organophosphate	Carbamate
1. ความเป็นพิษรุนแรงต่อสัตว์น้ำ	+++	++	++
2. ความสามารถละลายได้ในน้ำ	-	+	+
3. ศักยภาพของการรับเข้า และใน สะสมร่างกาย	+++	+	+
4. ความคงสภาพอยู่ในแหล่งน้ำ	+++	+	+
5. การใช้เป็นปริมาณมากในหรือใกล้ แหล่งน้ำ	+++	+++	++

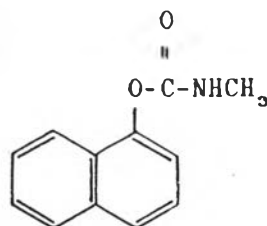
หมายเหตุ : +++ หมายถึง มาก      + หมายถึง น้อย  
                  ++ หมายถึง ปานกลาง      - หมายถึง น้อยมาก

## สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่ศึกษาวิจัย

### 1. คาร์บาริล (Carbaryl)

#### 1.1 คุณสมบัติทางเคมี

##### สูตรโครงสร้าง



ชื่อสามัญ : carbaryl

ชื่อเคมี : (1-naphthyl N-methylcarbamate)

ชื่อทางการค้า : เซฟวิน (Sevin)

สูตรเคมี :  $C_{12}H_{11}NO_2$

จุดหลอมเหลว : ที่ 140 °C

การละลาย : ที่อุณหภูมิ 30 °C ละลายในน้ำได้ 40 มิลลิกรัมต่อลิตร

##### ความคงทนในสิ่งแวดล้อม

- ค่าครึ่งชีวิต (T 1/2) = 3-4 วันในพืช
- ค่าครึ่งชีวิต (T 1/2) = 7-9 วันในดิน
- ค่าครึ่งชีวิต (T 1/2) = 3-5 วันในน้ำ

#### 1.2 ลักษณะการใช้

วิธีการใช้ เป็นยาฆ่าแมลงประเภทสัมผัส กิน และหายใจ มีคุณสมบัติเป็นยาประเภทดูดซึมเล็กน้อยและเป็นสารที่มีฤทธิ์ในการกำจัดแมลงได้อย่างกว้างขวาง ใช้ปราบแมลงทั้งชนิดปากกัดและปากดูด

อัตราการใช้ ประมาณ 40-320 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่

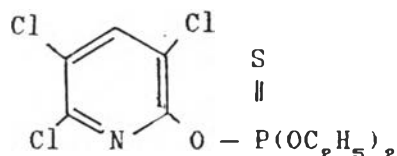
#### 1.3 ค่ามาตรฐานในแหล่งน้ำผิวดิน (United Nations Environmental Programme, 1986)

- ค่ามาตรฐานน้ำผิวดิน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร
- ค่ามาตรฐานน้ำผิวดินเพื่อการประมง 0.0005 มิลลิกรัมต่อลิตร

## 2. คลอร์ไพริฟอส (Chlorpyrifos)

### 2.1 คุณสมบัติทางเคมี

#### สูตรโครงสร้าง



ชื่อสามัญ : Chlorpyrifos

ชื่อเคมี : diethyl 3,5,6 -trichloro-2-pyridyl phosphorothioate)

ชื่อทางการค้า : ดอสแบน (Dursban)

สูตรเคมี : C<sub>9</sub>H<sub>11</sub>Cl<sub>3</sub>NO<sub>3</sub>PS

จุดหลอมเหลว : ที่ 42.5-43.0 °C

การละลาย : ที่ 25°C ละลายในน้ำได้ประมาณ 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร  
(Chiou et al., 1977)

#### ความคงทนในสิ่งแวดล้อม

- คลอร์ไพริฟอสทนทานในดินได้ประมาณ 60-120 วัน
- มีค่าครึ่งชีวิต (1/2) 1.5 วันในน้ำที่ pH 8 (25°C)

### 2.2 ลักษณะการใช้

วิธีการใช้ คลอร์ไพริฟอสใช้ปราบแมลงได้หลายชนิดเป็นสารเคมีประเภทออกฤทธิ์โดยการแบบสัมผัส

อัตราการใช้ โดยปรกติใช้ 240 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ และเพื่อป้องกันการดื้อยาของแมลง จึงใช้คลอร์ไพริฟอสสลับกับคาร์บาริล

### 2.3 ค่ามาตรฐานในแหล่งน้ำผิวดิน (World Health Organization, 1991)

- ค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร
- ค่ามาตรฐานน้ำผิวดินสำหรับการประมง 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร

### พฤติกรรมของคาร์บาริลและคลอร์ไพริฟอสในสิ่งแวดล้อม

เมื่อคาร์บาริล และคลอร์ไพริฟอสเข้าสู่สิ่งแวดล้อม จะเกิดกระบวนการต่าง ๆ ทั้งกระบวนการทางฟิสิกส์ เคมี และชีวภาพ ทำให้คาร์บาริลและคลอร์ไพริฟอสเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปซึ่งแตกต่างไปจากเดิม สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปนเปื้อนและการสลายตัวของคาร์บาริลและคลอร์ไพริฟอสในแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ พอสรุปได้ดังนี้

#### คาร์บาริล

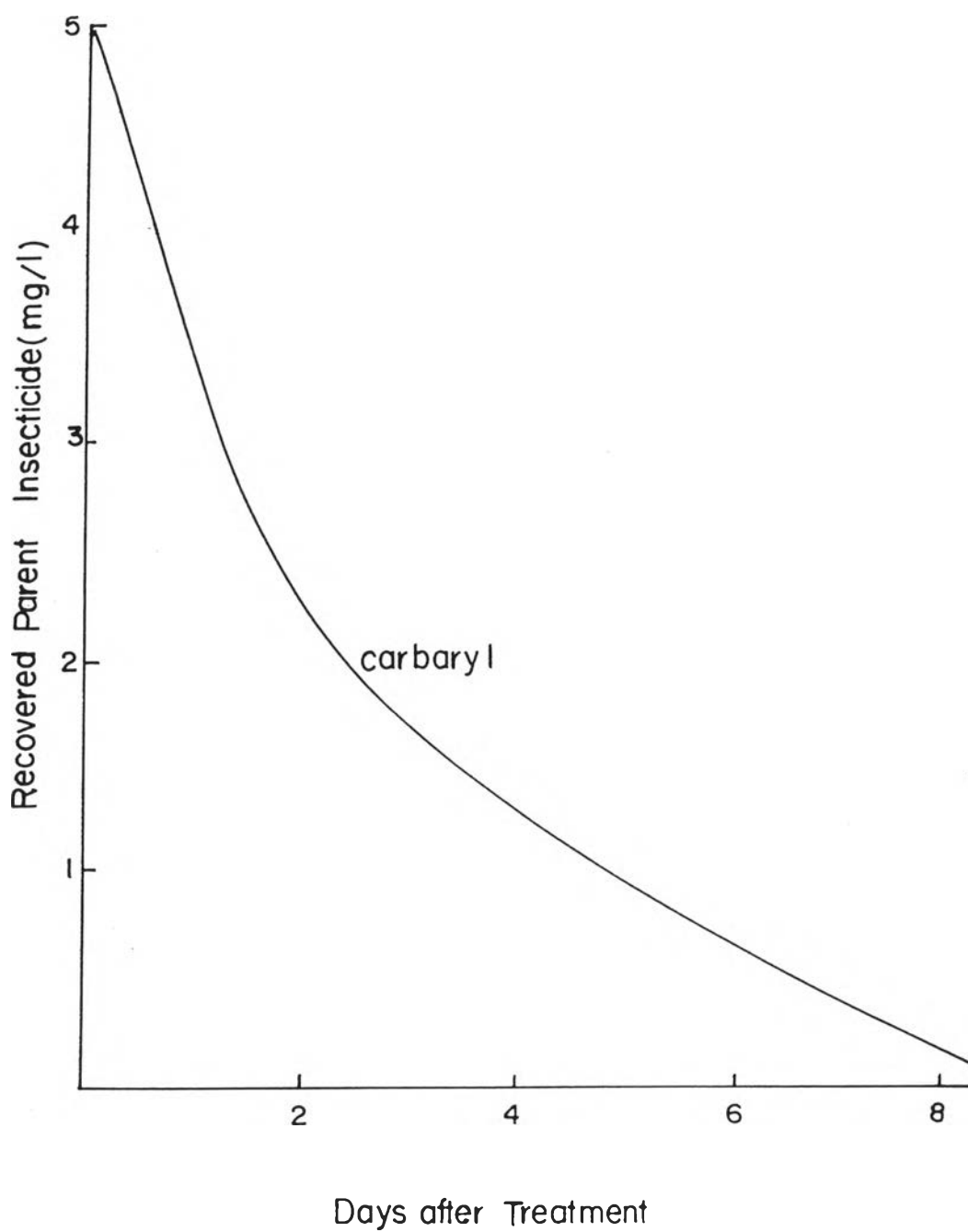
Back (1965) พบว่าคาร์บาริลเมื่อเข้าสู่สิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่จะสลายตัวบนพืช ซึ่งมีครึ่งชีวิต (half-life) ประมาณ 2-4 วัน และมีอัตราการสลายตัวได้อย่างรวดเร็วในน้ำ

Karinen et al., (1967) กล่าวว่าปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสเป็นปฏิกิริยาหลักที่ทำให้สารคาร์บาริลสลายตัวในสิ่งแวดล้อม ทว่าการทดลองโดยใช้ความเข้มข้นของคาร์บาริลเริ่มต้นเท่ากับ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส พบว่า 90 เปอร์เซ็นต์ของคาร์บาริลจะถูกไฮโดรลิซิส (hydrolysis) เมื่อเวลาผ่านไป 8 วัน และเมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิ 3.5 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาผ่านไปเท่ากันพบว่าคาร์บาริลจะถูกไฮโดรลิซิส 9 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าคาร์บาริลจะถูกไฮโดรลิซิสที่อุณหภูมิสูงมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ

Grosby (1970) กล่าวว่ารังสีอัลตราไวโอเล็ตจะทำให้คาร์บาริล สลายตัวกลายเป็นผลิตภัณฑ์ คือ 1-เนพทอล (1-naphthol) และเมทิล ไอโซไซยาเนต (methyl isocyanate) ซึ่งผลิตภัณฑ์ 2 ตัวนี้เป็นตัวขัดขวางการทำงานของคลอโรพลาสต์ในพืช

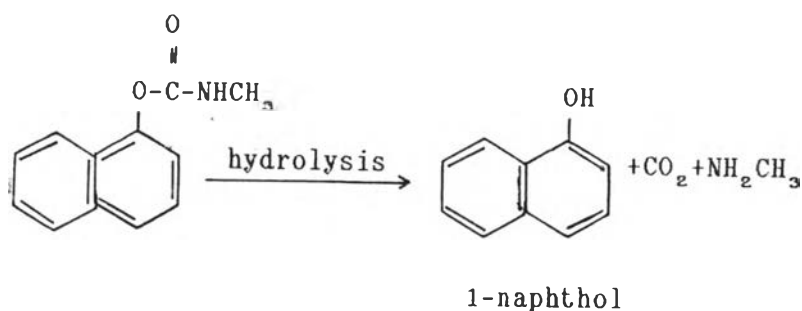
Ahlich et al., (1970) กล่าวว่า สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงกลุ่มคาร์บาเมต เมื่อเข้าสู่สิ่งแวดล้อมแล้ว จะมีปริมาณเพียงเล็กน้อยที่ตกค้างและเข้าสู่สิ่งแวดล้อมโดยลงสู่แหล่งน้ำ Caro et al., (1974) ได้ศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำ 3 ลุ่มน้ำ พบว่าคาร์บาริลอาจจะถูกชะล้างจากดินโดยน้ำฝนที่ไหลบ่าบนหน้าดิน ซึ่ง 0.14 เปอร์เซ็นต์ ของคาร์บาริลจะถูกชะโดยน้ำฝนและไหลลงสู่แหล่งน้ำ และโดยส่วนมากจะละลายไปกับน้ำมากกว่าที่จะยึดหรือเกาะไปกับอนุภาคของดิน

Aly และ El-Dib (1971และ1972) ศึกษาความเสถียรหรือความคงสภาพของคาร์บาริลในน้ำในแม่น้ำไนล์ โดยผสม 40 มิลลิกรัมของคาร์บาริลด้วยน้ำจากแม่น้ำไนล์ 10 ลิตร โดยเติม buffer มี pH เท่ากับ 7.2 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าคาร์บาริลจะหายไปเป็นเวลา 1 สัปดาห์ แสดงตั้งรูปที่ 2.2 โดยคาร์บาริลจะถูกไฮโดรลิซิสสลายตัวกลายเป็น 1-เนพทอล(1-naphthol) แสดงตั้งรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.2 การสลายตัวของคาร์บาริลาโน้จากแม่บ้าน (Aly and El-Dib, 1972)

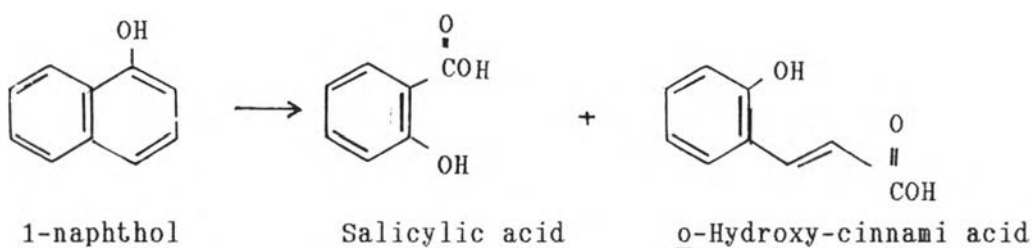




รูปที่ 2.3 การสลายตัวของคลอร์ไพริฟอสโดยปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส

และถ้าเมื่อนำน้ำจากแม่น้ำในลุ่มกับน้ำเสีย ในอัตราส่วน 50-50 จะทำให้คาร์บาริลเกิดการสลายตัวได้เร็วขึ้น

Hughes (1971) ศึกษาการสลายตัวของคาร์บาริลกลายเป็นสารผลิตภัณฑ์ 1-เนปทอล (1-naphthol) ในน้ำขุ่นจากฟาร์มซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส โดยมีสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและ 1-เนปทอลจะสลายตัวได้ง่ายเมื่อเติม *Flavobacterium* ในน้ำ ทำให้ 1-เนปทอลมากกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตรในน้ำหายไปในเวลา 12 วัน การสลายตัวแสดงดังรูป 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงการสลายตัวของ 1-naphthol ในน้ำขุ่นจากฟาร์ม

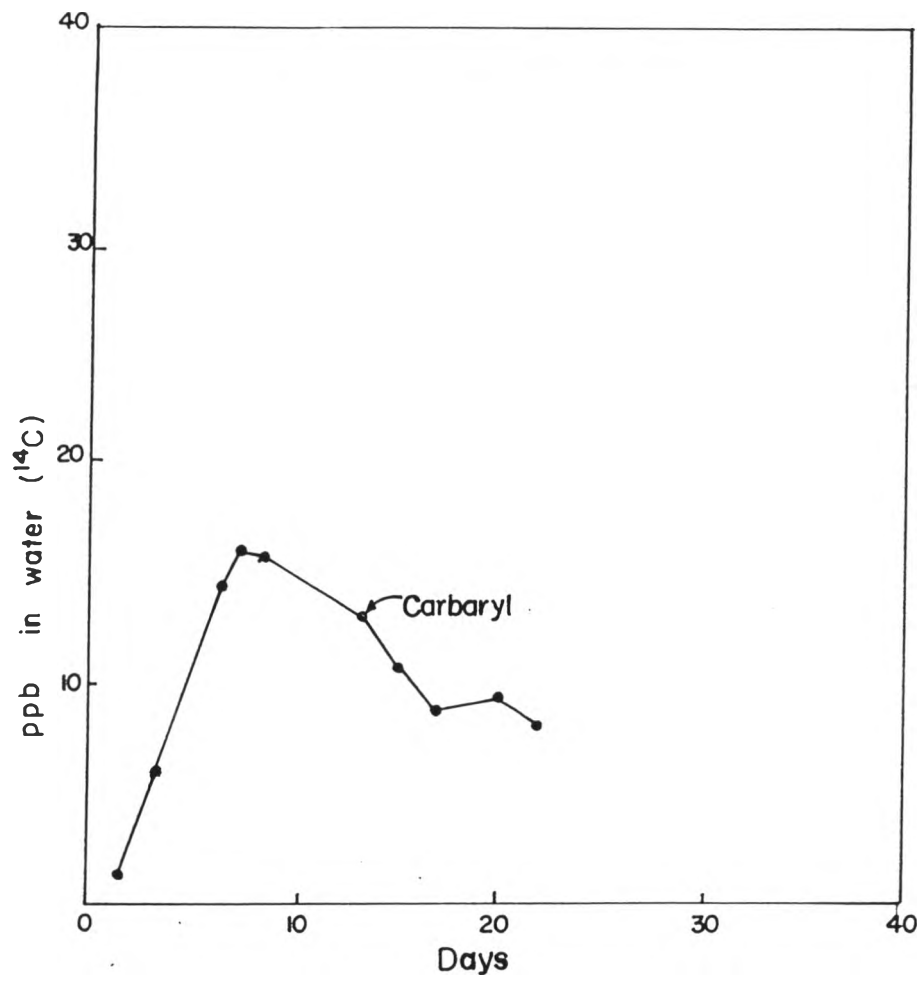
อย่างไรก็ตาม การที่จะควบคุมไม่ให้เกิดการสลายตัวของสารผลิตภัณฑ์ของ 1-เนปทอล เพราะสารดังกล่าวไม่มีการสะสมอยู่ในน้ำแต่จะเกิดการสลายตัวต่อไปกลายเป็นสารผลิตภัณฑ์ตัวอื่นที่ไม่สามารถระบุชื่อได้ และเป็นพิษต่อพวกแบคทีเรียตามธรรมชาติที่อยู่ในน้ำ

Eichelberger et al., (1971) ศึกษาความเสถียร และความคงสภาพของ คาร์บาริลในแม่น้ำ Miami ปรากฏว่า 95% ของคาร์บาริลสลายตัวภายใน 7 วัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาความเสถียรของคาร์บาริลในแม่น้ำ Ohio พบว่าหลังจาก 1 สัปดาห์ มีคาร์บาริล เหลืออยู่ 5% และไม่สามารถวัดได้หลังจาก 2 สัปดาห์

Kanazawa et al.,(1975) กล่าวว่าความเสถียรของคาร์บาริลมีน้อยมาก และจากการศึกษา พบว่า มีความเข้มข้นของคาร์บาริลในน้ำ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร จะสลายตัวเหลือ 0.575 มิลลิกรัมต่อลิตร ในเวลา 1 วัน และ 0.193 มิลลิกรัมต่อลิตรในเวลา 2 วัน การสลายตัว เกิดจากการไฮโดรไลซิสกลายเป็นสารผลิตภัณฑ์ คือ 1-เนปทอล (1-naphthol) ซึ่ง 1-เนปทอล ที่เกิดขึ้นจะมีความเข้มข้นสูงสุดคือ 0.38 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจาก 4 วัน และจะลดลงเหลือ 0.16 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายใน 19 วัน

Kanazawa et al., (1975) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของคาร์บาริล (ในรูปของ<sup>14</sup>C)ในน้ำซึ่งถูกปล่อยออกมาจากดินตะกอน (pH 5.3, สารอินทรีย์ 1.5% และปริมาณทราย, ซิลส์ และคาร์บอน เท่ากับ 38.4, 49.4 และ 12.2 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ) ซึ่งมีปริมาณ คาร์บาริลเริ่มต้นในดิน 2.43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่า ความเข้มข้นของคาร์บาริลจะถูก ปลดปล่อยออกมาจากดินอย่างช้าๆ หลังจาก 7 วัน ความเข้มข้นของคาร์บาริลในน้ำเพิ่มขึ้นถึง 16 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร และจะลดลงเป็น 9.45 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร หลังจาก 22 วัน แสดงดังรูปที่ 2.5 เนื่องจากคาร์บาริลที่ถูกปลดปล่อยจากดินสู่ น้ำจะถูกไฮโดรไลซิสในที่สุด และเช่นเดียวกัน Kanazawa et al.,(1975) ซึ่งทำการศึกษาคาร์บาริลในรูปของ<sup>14</sup>C จากการเติมคาร์บาริลในดินด้วยอัตรา 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และนำดินไปไว้ในระบบนิเวศจำลอง คาร์บาริลจะมีความเข้มข้นสูงสุดคือ 300 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อเวลาผ่านไป 10 วัน และจะลดลงเหลือ 7.6 ไมโครกรัมต่อลิตรเมื่อผ่านไป 22 วัน ซึ่งประมาณว่า 60% ของคาร์บาริลที่ยึดติดกับดินและจะไม่ปลดปล่อยสู่ น้ำ

Kazano et al.,(1972) ศึกษาการสลายตัวของ 1-เนปทอล ซึ่งเป็นสารผลิตภัณฑ์ จากการสลายตัวโดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของคาร์บาริลในดินที่ไหลบ่ามากับน้ำ พบว่ามี 1-เนปทอล มากกว่า 70% ที่จับอยู่กับ humic substance ซึ่งคาร์บาริลและสารผลิตภัณฑ์จะจับติดกับอนุภาค ของดินและ humic substance ในดิน แสดงให้เห็นว่าดินเป็นตัวการสำคัญที่พาสารเคมีป้องกันกำจัด แมลง คาร์บาริลลงสู่แหล่งน้ำ

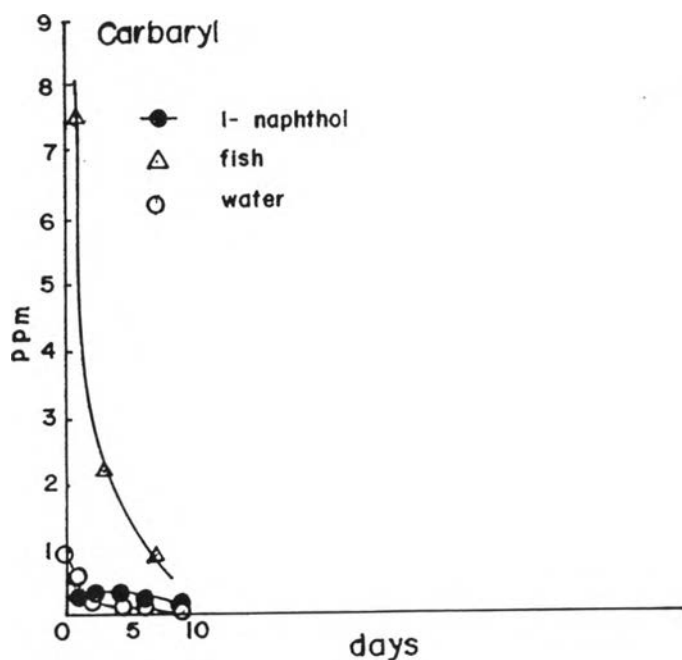


รูปที่ 2.5 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของคาร์บาริลในน้ำ ในรูปของ  $^{14}\text{C}$   
(Kanazawa et al., 1972)

### ผลกระทบของคาร์บาริลต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ

คาร์บาริลเป็นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงกลุ่มคาร์บาเมต ซึ่งเป็นสารกลุ่มที่มีอันตรายต่อน้อยต่อสัตว์เลือดอุ่น แต่มีความเป็นพิษสูงต่อผึ้งและปลา ถึงแม้ว่าสารคาร์บาริลมีการสลายตัวได้เร็วในธรรมชาติแต่ถ้ามีการใช้สารนี้อย่างต่อเนื่องและปริมาณมาก อาจก่อให้เกิดการตกค้างในแหล่งน้ำและเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำได้

Kanazawa (1975) ศึกษาเกี่ยวกับการได้รับคาร์บาริลของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ พบว่า Motsugo ได้รับคาร์บาริล 7.5 มิลลิกรัมต่อลิตรเมื่อเวลาผ่านไป 1 วัน คาร์บาริลที่เข้าไปในปลาจะถูกย่อยสลายอย่างรวดเร็วและจะลดลงเหลือ 0.89 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจาก 7 วัน ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ความเป็นพิษและความคงทนของคาร์บาริลในน้ำ (Kanazawa, 1975)

Korn (1973) ศึกษาการได้รับคาร์บาริลของ Cat fish ซึ่งมีคาร์บาริลปนเปื้อนอยู่ 0.5 และ 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อเวลาผ่านไป 56 วัน และ 2.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่าความเข้มข้นของคาร์บาริลใน Cat fish จะมีไม่เกิน 11 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และจะถูกสลายในร่างกายและขับถ่ายออกอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะไม่มีการสะสมในปลา

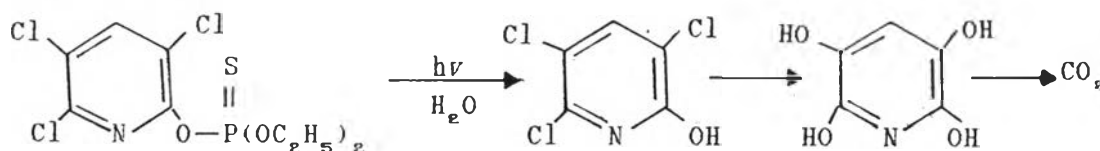
Standayk et al.(1971) ได้ทำการศึกษาถึงการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียว *Scenedesmus quadricaudata* พบว่า คาร์บาริลจะเป็นตัวกระตุ้นการเจริญเติบโตของเซลล์สาหร่ายทำให้มีมวลชีวภาพเพิ่มขึ้น 44-57% ใน 6 วัน ที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส และโดนแสง 12 ชั่วโมง การเจริญเติบโตของเซลล์ที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากมีแหล่งของไนโตรเจนซึ่งมาจากการสลายตัวของคาร์บาริล ทำให้มีไนโตรเจนเพิ่มขึ้น

ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสตรงกลุ่มเอสเทอร์ที่ทำให้คาร์บาริลสลายตัวเกิดขึ้นหลังจากปฏิกิริยาดีคาร์บอกซิเลชันและออกซิเดชัน ดีเมทิลเลชันของ N-methyl carbonic acid ซึ่งจะปลดปล่อยแอมโมเนียและกรดฟอร์มิก(formic acid)ออกมา Standnyk จึงสรุปว่าสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงมีผลทำให้สาหร่ายเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (Algal bloom)

สุธรรม และณิศ (2510) ทดสอบความเป็นพิษของสารคาร์บาริล ต่อปลาไน พบว่ามีค่า LC 50 (12 ช.ม.) เท่ากับ 1.65 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Brown (1978) ได้ทดลองความเป็นพิษของสารคาร์บาริลต่อปลาเรนโบว์เทราท์ (Rainbow Trout) LC 50 (96 ช.ม.) ในสภาพน้ำนิ่งมีค่าเท่ากับ 1.47 มิลลิกรัมต่อลิตร

#### คลอรัไพริฟอส

Smith (1968) พบว่าคลอรัไพริฟอสที่อยู่ในน้ำหรืออยู่ในสภาพที่เปียกชื้น เมื่อถูกแดดหรือรังสีอัลตราไวโอเล็ต จะเกิดการสลายตัวโดยปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสที่กลุ่มฟอสฟอรัสเอสเทอร์ของคลอรัไพริฟอสและจะปลดปล่อย 3,5,6 trichloro-2-pyridinol และสารกลุ่มฮาโลเจนของ pyridinol จากนั้นจะเกิดปฏิกิริยาไพริดีนอลและถูกออกซิเดชันแยกเอา pyridinol ring ออกและจะปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา แสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การสลายตัวของคลอรัไพริฟอสในน้ำโดยแสง

ผลกระทบของคลอรีนฟอสต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ

เนื่องจากคลอรีนฟอสเป็นอันตรายต่อบลาและกุ้ง ถึงแม้ว่าคลอรีนฟอสมีการสลายตัวได้เร็วในธรรมชาติ แต่การใช้สารอย่างต่อเนื่องก็อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนในแหล่งน้ำและเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำได้

Tagatz et al., (1982) ศึกษาพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตรของคลอรีนฟอสทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงประชากรของแพลงค์ตอนในน้ำ

National Research Council of Canada (1978) ได้รายงานค่า LC<sub>50</sub> (96 ชั่วโมง) ของคลอรีนฟอสมีค่า เท่ากับ 10 นาโนกรัมต่อลิตรสำหรับกุ้งฝอยในเขตร้อน

Brown (1979) ได้ทดสอบระดับความเป็นพิษของสารคลอรีนฟอสต่อบลาเรนโบว์เทร้าท (Rainbow Trout) พบว่ามีค่า LD<sub>50</sub> (96 ชั่วโมง) เท่ากับ 0.003 มิลลิกรัมต่อลิตร